

공급능력제약이 존재하는 2단계 공급체인에서 반품정책의 효과성에 대한 동적 시뮬레이션

A Dynamic Simulation on the Effectiveness of Return Policy in a Capacitated Two-echelon Supply Chain

김태현* · 박정훈** · 정현목***

Kim, Tae-Hyun* · Park, Jeong-Hoon** · Jeong, Hyun-Mok***

Abstract

This paper analysed the impact of return policy as a coordination mechanism for decentralized supply chain with one capacitated supplier and two competing retailers under random demand distribution. In this study, Shortage gaming also considered to reflect a competing environment of two retailers. System dynamics approach was used to model the baseline two echelon supply chain and return policy on it. Given each of 4 experiment settings being used for 100 simulations with different random seeds, 400 random samples were used in a t-test. The result show that return policy significantly enhance the supply chain profits and fillrates. The analysis suggest that the supply chain performance can be build up by implementing a return policy even though under consideration of a capacitated supplier and competing retailers.

Keywords: SCM, Supply chain contract, Return policy, System dynamics, Simulation

* 연세대학교 경영대학 교수 (제1저자, thkim@base.yonsei.ac.kr)

** 한진물류연구원 연구원 (교신저자, scm@yonsei.ac.kr)

*** 연세대학교 경영대학 석사과정 (공동저자, legend0526@gmail.com)

I. 서론

시장 환경의 복잡도가 증가하고 제품의 수명주기가 단축됨에 따라 고객의 수요에 효율적으로 대응하기가 점점 힘들어지고 있다. 이러한 시장의 변화에 대응하기 위하여 최종 고객으로부터 공급자의 공급자까지 전체의 공급체인에 대한 통합적 관점의 조정 노력으로서 공급체인관리가 많은 주목을 받고 있다. 공급체인관리를 위해서는 양적인 면과 질적인 면에서 공급과 수요의 흐름 균형을 맞추기 위한 목적 하에서 공급체인 구성원들간의 협력이 절대적으로 필요하다(Harland, 1996). 일반적으로, 이와 같은 전체구성원의 협력과 조정을 위해서는 ERP 및 SCP와 같은 정보기반 및 전체 공급체인을 선도할 수 있는 강력한 초점기업(focal company)의 역할이 절대적으로 요구된다.

그러나 현실의 공급체인에서는 모든 구성원들에 정보기반이 준비되어 있는 것이 아니며, 모든 공급체인 구성원을 초점기업이 조정할 수 있는 것은 아니다(Giannoccaro and Pontrandolfo, 2003). 현실적으로 다양한 공급체인에 동시에 속해 있으면서 자신의 이익추구를 위한 독립적 의사결정을 수행하는 주체로 존재하는 많은 기업들을 볼 수 있다. 이러한 현상은 거래기반적 관계구조에서 주로 관찰되며, 이중마진(Double Marginalization)과 같은 대표적인 문제점을 가지게 되어 부분최적화에 머무르게 되는 한계를 지닌다. 이처럼 개별이익을 추구하는 구성원들이 거래기반적 관계구조를 가지고 형성되어 있는 공급체인을 분권화된 공급체인(Decentralized Supply Chain)이라고 하며(Tsay, 1999), 분권화된 공급체인에는 개별구성원의 의사결정 행위 특성을 고려한 별도의 조정메커니즘이 적용되어야 한다. 분권화된 공급체인에 적용 가능한 조정메커니즘으로 대표적인 것이 공급체인계약(Supply Chain Contract)이며, 구매자의 반품을 허용하는 반품정책(Return Policy) 및 판매기간 중 주문량의 조정을 허용하는 수량유연계약(Quantity Flexibility)등이 여기에 포함된다. 공급체인계약에 관한 연구는 연구방법 및 연구대상 측면에서 매우 제한적인 분석이 이루어져 왔으며, 그 결과 현실의 적용이 어렵다는 단점을 가지고 있다. 따라서 본 연구에서는 기존 연구들이 가지고 있는 비현실적 가정을 일부 완화하여 좀 더 현실적인 상황 하에서 공급체인계약의 효과성을 분석하고자 한다.

연구의 범위 및 방법은 다음과 같다. 공급체인계약의 유형으로는 출판, 전자, 신선식품 등의 제품에 많이 이용되고 있는 반품정책을 고려하였다. 다음으로, 공급체인구조는 공급능력 제약이 존재하며 복수의 구매자와 단일의 공급자로 구성된 2단계 공급체인을 대상으로 하였다. 단일공급자-복수구매자 구조의 주요특성으로는 공급능력제약이 존재함에 따른 공급할당에 초점을 두었다. 연구방법으로는 공급체인의 복잡도와 동적특성을 잘 반영할 수 있는 시스템 다이나믹스 접근을 이용하였으며, 동적 시뮬레이션 모형을 구축하고 실시결과를 분석하였다.

II. 이론적 배경

최종고객에게 제공되는 서비스는 공급체인 내에 속한 모든 기업들 간의 협력의 효율성과 효과성에 의해 결정이 된다. 따라서 특정 공급체인을 구성하는 서로 다른 기업 간의 목표 탐색 프로세스의 조정이 더욱 더 중요해지고 있는데 본질적으로 공급체인에 속해있는 구성원 기업들은 개별적인 기업체로서 추구하는 목적이 상이할 수밖에 없기 때문에 서로간의 갈등을 조정해줄 수 있는 규칙들이 필요한 것이다. 만약 특정한 대안적 규칙이 없이 각자의 수익을 최대화하기 위한 독자적인 노력이 이루어진다면 공급체인 차원의 전체 시스템 비효율이 발생하게 되는 것이다(Lee and Whang 1999, Tsay 1999).

Tsay(1999)는 공급자와 구매자들을 단일 개체처럼 조정할 수 있으며 이를 통하여 집중화된 공급체인 구조에서와 같은 정도의 수익을 창출할 수 있다고 제안한다. 상기와 같이 분권화된 공급체인상의 부분최적화 문제에 대한 대안으로서 공급자의 인센티브 제공을 통하여 구매자의 위험을 공급자가 공유하는 것을 핵심적인 기제로 이용하여 상이한 목적과 의사결정구조를 가진 구성원 간에 발생 가능한 다양한 갈등을 조정가능하게 지원해주는 주요 기제가 바로 ‘공급체인계약(Supply Chain Contract)’이다(Tsay 등, 1999).

반품정책(Return Policy)은 Pasternack (1985)에 의하여 이론적 연구가 시작된 공급체인계약의 한 가지 유형으로서 개념 및 주요 기존연구는 다음과 같이 요약될 수 있다. 반품정책이란 소매상의 미판매분량의 특정 비율만큼을 생산자에게 반품하는 것을 약정하는 계약으로서 일반적으로 판매시점이 종료된 후에 기 약정된 범위 내에서 공급자가 환불을 보증한다. 주로 적용되는 제품군은 수요가 휘발되거나 상품자체가 부패하기 쉬운 제품특성을 지닌 서적, 잡지, 신문, 음반, 컴퓨터 하드웨어 및 소프트웨어, 연하장 등이다(Wang, 2002). 반품정책에 관한 대표적인 기존연구로서 Pasternack(1985)의 연구에 의하면 부분반품허용 및 최대 리베이트 보증(Partial return & full rebate credit)조건에서 최적의 성과가 달성될 수 있다는 결과를 제시한다. 또한, Kandel(1996)의 가격을 고려한 확률수요 모형 연구에서는 소매상의 자율적 가격책정 조건 없이 반품정책만으로는 공급체인 조정이 불가능하다는 결론이 제시되고 있다. 또한 최근연구로서 Wang and Webster(2007)의 연구 및 김태현 등(2007)의 연구에서는 반품정책의 이용이 공급체인 성과를 향상시킨다는 분석결과가 제시되었다.

그러나 상기의 기존연구들을 포함하여 기존의 많은 연구들은 수학적 문제해결을 위하여 분석대상을 단일의 공급자와 구매자로 구성된 2단계 공급체인에 한정시켰다는 한계점을 가진다. 따라서 본 연구에서는 기존 연구의 가정을 일부 완화하여 현실의 모습에 더욱 가까운 상황 하에서 반품정책의 효과성을 분석하고자 한다.

다음으로, 본 연구의 분석대상이 되는 공급체인구조인 단일공급자-복수구매자 구조에 대한 연구필요성 및 구조가 가지는 특징에 대하여 살펴보겠다. 제품수명주기가 점점 단축됨에 따라 공급체인하류의 구성원들은 더욱 증가된 수요불확실성에 직면하고 있다. 과거와 같이 많은 수량의 재고보유를 통하여 재고부족을 회피하는 것은 비경제적인 대안이 된다는 것이다. 따라서 다빈도소량 주문에 의한 재고보충 방식이 증가하며, 공급부족에 따른 할당의 발생은 과거에 비해 공급체인 하류 구성원들에게 더욱 큰 문제가 된다(Cachon and Lariviere, 2000). Barnes 등(2000)은 전자기기 제조산업에 대한 설문연구에서 부품재고 부족에 따른 할당발생이 산업전반의 주요 문제 중의 하나임을 제시하고 있다. 즉 공급체인 하류의 구성원들은 고객수요 및 공급측면에 대한 높은 위험에 직면하고 있다.

따라서 공급체인의 하류에 대한 연구 필요성이 제기되고 있는데, Huang 등(2003)은 공급체인상의 정보공유에 관한 기존 연구들의 검토를 통하여 공급체인 다이나믹스를 감소시키기 위해서는 시장에 대한 정보를 가지고 있는 하류단계에 대한 효과적인 관리가 필요함을 강조하고 있다. 공급체인 하류단계는 주로 발산형(Divergent) 네트워크 형태를 가지며(Lambert 등, 1998), 공급자 수가 구매자 수보다 적게 존재하는 구조의 특성으로 인하여 공급불확실성이 높게 나타나기 때문에 할당 및 할당의 회피를 위한 할당게임이 발생가능(Cachon and Lariviere, 2000)하다는 특성을 가진다. 공급체인하류 단계에 대한 관리상의 어려움 및 문제점에 대한 인식을 바탕으로 본 연구에서는 발산형 네트워크의 단순화된 형태로서 단일공급자-복수구매자 구조를 분석대상으로 하여 반품정책의 효과성을 연구하고자 한다.

Ⅲ. 연구 설정 및 가정

본 연구의 목적은 복수구매자가 존재하며 공급능력제약이 존재하는 분권화된 공급체인에서 반품정책의 이용이 공급체인의 성과에 어떠한 영향을 미치는가를 분석하는 것이다. 연구목적을 달성하기 위하여 상기 연구상황이 반영된 기본적인 공급체인 모형과 기본모형에 반품정책 프로세스를 추가한 반품정책 모형의 두 가지 모형을 각각 모델링 하였다. 또한 공급능력제약 존재에 따른 할당발생문제를 고려하기 위하여 각 모형별로 할당여부에 따른 시나리오를 구성하였다. 연구시나리오는 다음의 [표 1]과 같이 요약된다. 이와 같은 연구시나리오를 바탕으로, 각 시나리오별 성과를 비교하여 분석한다.

[표 1] 연구 시나리오 설정

시나리오	모형 구분	할당발생	실험 설정	시행횟수
1	기본모형	발생	1*2	200
2		미발생		
3	반품정책	발생	1*2	200
4		미발생		

1. 주요 가정

1) 가격

공급가격 및 소비자가격은 고정된 것으로 가정한다. 가격을 고정시키는 것은 계약유형에 관련된 의사결정변수의 순수한 효과만을 보기 위함이다. 또한 가격이 변화하면 수요의 변화가 발생하기 때문에 가격-수요함수를 고려해야 하는데 이러한 함수는 제품별로 매우 상이하기 때문에 연구결과를 일반화하는데 있어서 문제점을 가질 수 있다. 또한 복수소매상 상황에서 가격의 변동은 수요절취효과(demand stealing effect)에 의한 수요할당(demand allocation)을 발생시켜 분석의 복잡도를 지나치게 증가시키며 수요할당에 관하여 일반적으로 사용할 수 있는 규칙이 존재하지 않는다. 구체적인 가정 값들은 시뮬레이션 파라미터 설명에서 제시하였다.

2) 수요 및 공급

고객의 수요는 확률밀도함수를 따르며 정규분포를 하는 것으로 가정한다. 이러한 가정은 기존의 계약연구를 비롯하여 공급체인관리에 관련된 대부분의 연구들에서 가정한 바와 같이 시장 수요의 불확실성을 반영하기 위함이다.

공급체인이 분산화된 지배구조를 가지는 상황에서는 특정 판매시즌을 위한 구매계약이 이루어지며 공급자는 해당 시즌에 판매될 수량을 시즌시작에 앞서 생산하게 된다. 즉, 공급자는 해당제품에 대한 생산기회를 단 1회 가지는 것으로 가정한다. 이는 생산에 상당한 리드타임이 소요되기 때문이며 재고위험의 공유와 공급체인계약에 대한 수리적 연구인 Cachon(2004)의 연구 가정에 준한다. 공급자는 과거 공급량을 기준으로 각 시즌의 공급량을 결정하며 따라서 공급량이 구매자의 수요량보다 부족할 수도 있다.

3) 정보대칭성

공급체인은 전체이익최대화라는 목표 하에 각기 독립된 의사결정조직들로 구성된 네트워크이며 각 구성원의 정보는 기본적으로 공유되는 것은 아니다. 즉, 공급자와 구매자간의 정보의 불균형이 존재한다는 것이다(Chan and Chan, 2006). 따라서 본 연구에서도 공급자-구매자간에 정보비대칭이 발생하는 것으로 가정한다. 이를 모형에 반영하기 위하여 최종 고객의 수요정보는 구매자에게만 알려지며 공급자는 구매자의 주문량에 근거하여 수요량을 예측할 수 있는 것으로 가정하였다. 이러한 가정은 공급량과 수요량의 확률적 불균형을 발생시키며 현실 상황을 잘 반영하는 것이다.

4) 네트워크 구조

각 소매상의 수요는 독립적이며 할당게임의 순수한 효과를 분석하기 위하여 과다재고로 인한 재고조정 의사결정에 영향을 미치는 행위인 소비자의 타 소매상 제품구매행위¹⁾는 분석의 범위에서 제외하고 단지 동질적 성격의 수요분포가 독립적으로 발생하며 두 수요분포간의 상관은 없는 것으로 가정한다. 복수의 소매상이 존재하는 모형에 대하여 이와 같은 가정은 단일공급자-복수구매자 모형에서의 계약문제에 대한 수학적 연구인 Cachon(2003)의 연구에 근거하였다.

시뮬레이션 모델링을 위하여 상기의 논의들을 바탕으로 (1) 공급자의 독점적 지위는 공급량 부족에 기인하며, 따라서 공급량은 확률분포를 따르는 변동적인 수요량보다 작을 수 있으며 (2) 공급이 부족한 경우 경쟁적 소매상은 물량확보를 위한 전략적 행동을 취하고 그 결과 할당게임이 발생가능하며 (3) 각 소매상의 시장수요는 상호 독립적²⁾인 것으로 가정한다. 그리고 가격변동에 의한 수요절취 및 수요할당효과를 통제하기 위하여 (4) 공급자의 공급가격과 소매상의 소매가격은 일정한 것으로 가정한다.

1) 복수의 소매상이 존재하는 경우에서 부족재고가 발생한 경우, 타 소매상 쪽으로 수요가 이동하는 문제는 '수요할당'이라 한다. Cachon(2003)은 수요할당문제를 고려하는 경우 분석의 복잡도가 지나치게 상승되기 때문에 계약의 효과에 대한 연구에서는 수요할당문제는 고려하지 않는 것이 더욱 바람직하다고 주장하였다.

2) 각 구매자의 수요는 독립적 확률분포를 따르며, 재고부족 발생 시 고객은 타 구매자로부터 구매하는 행동을 하지 않는다. 이 가정이 위배되는 경우, 어느 한 소매상에서 과다재고가 발생하더라도 반대 소매상의 재고부족수요를 충족시키기 때문에 시스템 균형이 무너지며 한쪽 소매상의 수익만 증가하게 될 것이다.

2. 성과 측정

성과변수는 크게 재무적인 성과와 비재무적인 성과로 구분하였는데 재무적인 성과 면에서는 구매자와 공급자 각기의 수익 및 전체의 수익으로 구분하였다. 수익은 매출에서 재고비용 및 관리비용 그리고 잔존가치 등이 가감된 순익을 기준으로 한다(LIU 등, 2006).

이는 공급체인의 성과를 보기 위한 목적이기 때문에 전체의 수익만 본다면 구매자와 공급자 중에서 한쪽이 손해를 보더라도 전체의 수익은 더욱 향상된 것으로 나올 수 있기 때문이다(Tsay 등, 1999). 따라서 개별적인 수익의 변동을 관찰한 후에 전체 수익의 변화를 관찰하는 것이 합리적인 방법이다. 성과의 다른 측면인 비재무적인 부분은 재고수준과 충족률로 측정을 한다. 재고수준은 기존의 공급체인관련 연구들에서 비용적인 측면과 함께 가장 많이 사용되는 지표로서 재고비용과는 별도로 공급체인전체의 재고수준이 얼마나 저하될 수 있는지를 측정하기 위하여 사용한다. 이와는 반대로 재고수준이 지나치게 낮아질 경우 고객서비스수준과의 상충관계가 발생하기 때문에 고객서비스수준에 대한 성과 측정이 필요하고 이 부분의 성과를 측정하기 위하여 충족률(판매량/당기보유재고)을 이용한다. 재고수준과 충족률은 수요가 불확실한 경우에 상충관계가 형성되기 때문에 각각의 영향정도에 대하여 따로 측정할 것이다. 충족률은 비용으로 정확히 측정이 되기 힘들기 때문에 비용적인 효과와는 별도로 측정되는 것이 합리적이다.

IV. 시뮬레이션 모델

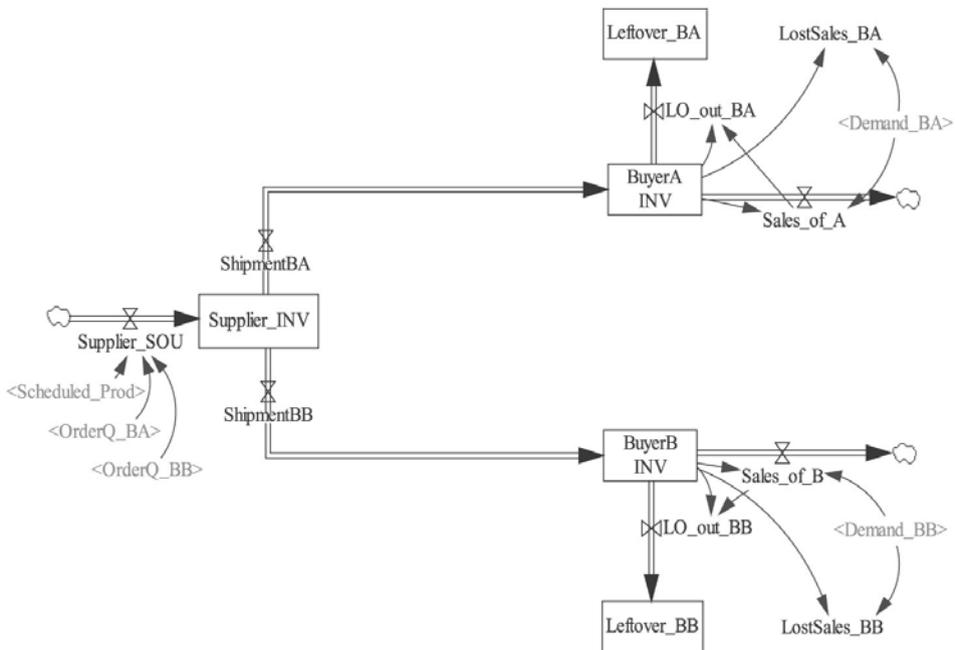
공급체인 네트워크와 같이 복잡도가 높은 시스템에 대한 연구를 수행하는 방법으로서 시스템 다이내믹스 모델링의 이용이 점점 증가하고 있다(Beamon, 1998; Riddalls 등, 2000). 시스템 다이내믹스에서는 저장(Stock)과 유량(Rate)변수를 이용하여 복잡한 시스템의 동적행태를 모형화 가능하며, 변수간의 관계로 이루어진 루프에 대한 모델링을 통하여 시간의 선후관계에 따른 영향과정을 반영할 수 있다는 특징을 가진다(Forrester, 1961). 본 연구에서 대상으로 하는 공급체인은 반복적인 판매시즌의 의사결정변수들 간에 시간적 선후관계에 따른 다수의 인과관계들이 존재한다. 예를 들어, 전기미배송분량의 발생 정도는 다음기의 주문량에 영향을 주게 된다. 따라서 본 연구를 위한 시뮬레이션 방법으로서 연속시간 시뮬레이션 방식인 시스템 다이내믹스 시뮬레이션을 이용하였다.

모형의 물리적 흐름구조 및 의사결정 구조들은 Forrester(1961) 및 Sterman(2000)이 제시한 생산 및 물류흐름의 기본모형을 기반으로 하였으며, 수직적 조정메커니즘에 대한 모형

은 김태현(2007a, 2007b)의 연구를 기반으로 모델링하였다. 시뮬레이션 프로그램으로는 Ventana Systems사의 Vensim 5.6 DSS를 이용하였다.

1. 모형의 물리적 구조

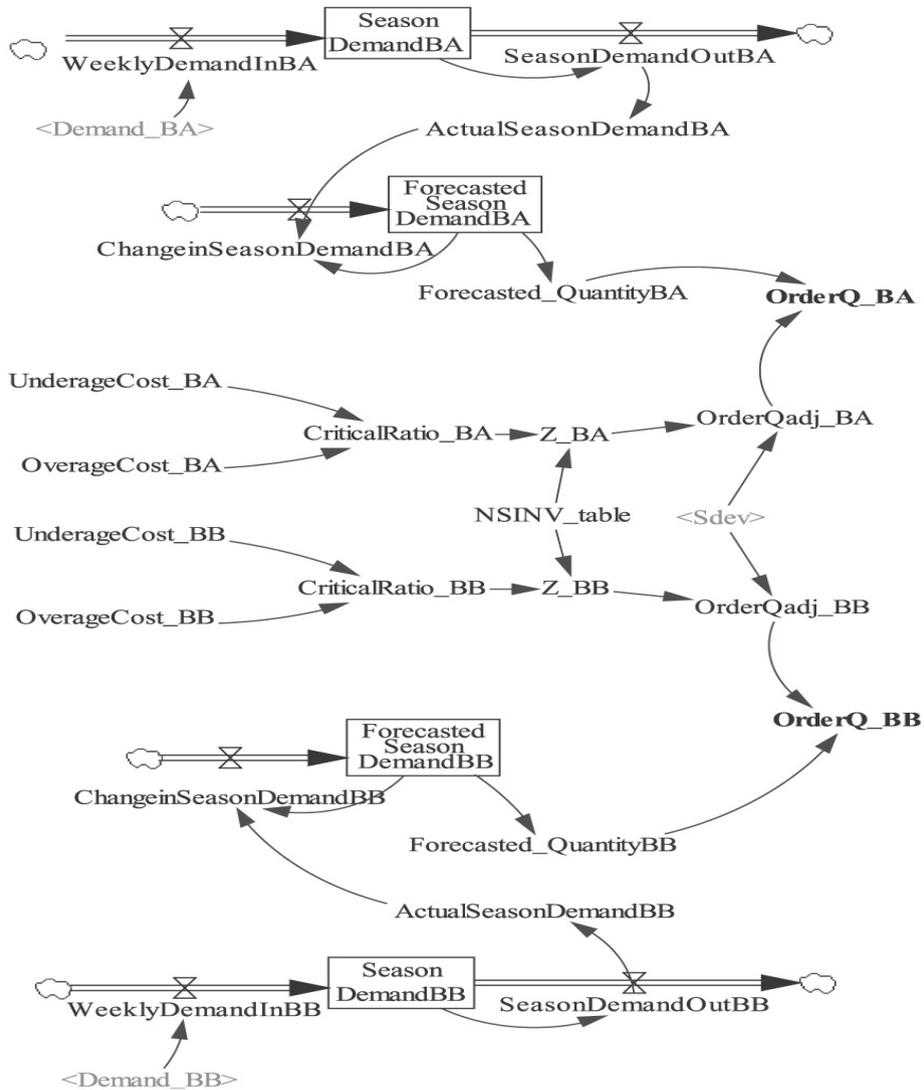
공급체인 기본모형은 제품의 흐름에 대한 물리적 구조에 대한 모형과 구매자의 주문량 의사결정에 대한 모형의 두 가지로 구분되며 구체적 모형은 각각 [그림 1], [그림 2]와 같다.



[그림 1] 공급체인 기본모형 : 물리적 흐름

[그림 1]은 단일 공급자와 복수 구매자 구조에 대한 물리적 흐름을 모형화한 것이며, 주문 및 배송은 단일기간재고모형에 기반한 것이다. 구매자는 판매시즌의 수요에 대응하기 위하여 시즌의 시작 전에 발주를 하며, 공급자는 주문량에 대하여 시즌시작 전에 생산을 완료하여 구매자에게 배송을 실시한다. 고객의 수요가 발생하면 판매가 이루어지며 수요가 구매자 재고량보다 많으면 재고부족이, 구매자 재고량보다 적으면 재고과다가 발생한다. 다음으로, 구매자의 주문량 의사결정은 뉴스벤더모형에서의 주문량 결정공식을 따르며 주문량은 수요 예측량 및 임계율(Critical Ratio)을 이용하여 결정한다. 다음의 [그림 2]는 실제

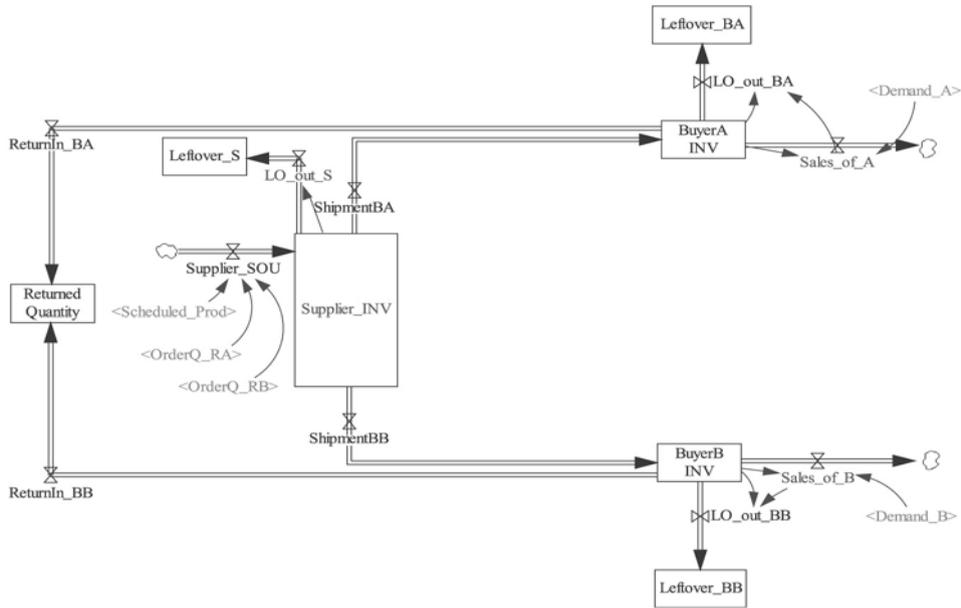
발생한 수요를 이용하여 이동평균법으로 예측량을 구하고 가격 및 비용요소를 이용하여 임계율 계산 및 이의 합산을 통하여 주문량을 결정하는 과정에 대한 모형이다.



[그림 2] 공급체인 기본모형 : 주문량 의사결정

기본모형에 반품정책이 이용되는 상황이 반영된 반품정책 모형은 다음의 [그림 3]과 같다. 반품정책을 이용하는 경우에는 반품이 실시됨에 따른 반품처리 작동에 대한 물리적인

흐름이 추가되며, 반품허용에 따른 주문량 증가 및 반품된 수량에 대한 잔존처리에 대한 정보 및 자금의 흐름이 추가된다. 정보 및 자금의 흐름에 관한 부분은 모형 수식 설명부분에서 제시하였다.



[그림 3] 반품정책 적용 모형

2. 모형의 주요 파라미터

시물레이션 시간은 주 단위이며 기간은 50시즌으로 총 2600주(52주×50년)로 시행된다. 초기값의 영향을 제거 및 수요예측프로세스 안정화기간³⁾을 감안하여 시물레이션 워밍업기간은 156주(52주×3시즌)으로 설정하며, 실제 시물레이션은 2,756주로 시행된다. 시물레이션의 주요 파라미터는 크게 가격요소들과 시간요소들로 구분될 수 있으며, 시간요소에는 예측갱신기간과 이동평균기간 등이 포함된다. 구체적인 내용은 다음의 [표 2]와 같다.

[표 2] 주요 파라미터 값

항목	값
생산 및 조달비용	50(won)
도매가격	100(won)
소매가격	150(won)
소매상 잔존가액	45(won)
공급자 잔존가액	30(won)
예측갱신기간	5(weeks)
이동평균기간	이동평균기간

3) 수요예측은 3기간 이동평균법을 이용하며, 3시즌(52주×3시즌=156주)이 경과 이후 안정된 평균값 계산가능.

3. 모형의 수식 설정

1) 기본 프로세스

(1) 시장수요는 정규분포를 가정하며, 각 구매자는 동일한 수요분포를 가지지만 난수발생의 시드를 달리하여 실제 수요의 차이가 발생된다. 평균은 1,000단위로 가정하였으며, 최대값 및 최소값은 평균으로부터 $\pm 3\sigma$ 지점, 표준편차는 수요불확실성 상정을 위해 평균의 0.5배로 설정하였다.

$$\text{Demand} = \text{RANDOM_NORMAL}(\text{Min}, \text{Max}, \text{Mean}, \text{Sdev}, \text{Seed}) \quad (1)$$

(2) 배송은 공급자의 재고량과 구매자의 주문량 중 작은 값으로 결정되며, 구매자의 주문량 총합이 공급능력을 초과하는 경우에는 할당이 발생하므로 배송 수량은 할당량에 의해 정해진다.

$$\text{Shipment} = \text{MIN}(\text{Supplier_INV}, \text{MIN}(\text{AlloQ}, \text{OrderQ})) \quad (2)$$

(3) 구매자 재고는 유입량(배송량)과 유출량(기말재고·판매)의 두 부분으로 구성된다. 기말재고는 시즌종료시점에서의 잔존재고로서 시즌의 종료와 함께 잔존처분이 이루어진다.

$$\text{Buyer_INV} = \int (\text{Shipment} - \text{LO_out_B} - \text{Sales}) \\ , \text{ to} = \text{Mean} * \text{SeasonPeriod}$$

$$\text{Sales} = \text{MIN}(\text{Demand}, \text{Retailer_INV}) \quad (3)$$

(4) 공급자의 공급능력(Scheduled_Prod)은 구매자의 주문량 정보를 이용하여 예측된 수요량에 의해 결정되기 때문에 예측오차에 기인한 수급불균형이 발생가능하다. 공급자 생산량(Supplier_SOU)은 매 시즌 시작 전에 설정된 당기 공급능력과 구매자 총 주문량 중 작은 값으로 계산된다. 할당발생여부를 통제하기 위하여 할당통제변수(UseAllocation)를 이용하였다. 이 값은 할당미발생시에는 '0'의 값을 가지며, 할당발생시에는 '1'의 값을 가지게 되어 공급능력이 주문량총합보다 적은 경우에 할당상황을 발생시킨다.

$$\text{Supplier_SOU} = (\text{UseAllocation} * \text{MIN}(\text{Scheduled_Prod}, \text{OrderQofBA} + \text{OrderQofBB})) \\ + ((1 - \text{UseAllocation}) * (\text{OrderQofBA} + \text{OrderQofBB})) \quad (4)$$

본 연구에서는 수요예측방법으로서 이동평균법을 이용하며 이동평균기간은 과거 3회의 시준으로 한다. (5) 주문량의 결정은 뉴스벤더모형에 근거하며, 할당이 발생하는 경우에는 부족분을 보충하기 위하여 미충족발생에 대한 조정분(USadj_B)이 추가된다. USadj_B는 다음의 수식(8)에서 설명하였다. 주문량(OrderQ)은 수요예측량(Forecasted_Quantity)에 임계율에 의한 안전재고(OrderQadj)를 더하여 결정되며, 관련 수식은 다음과 같이 설정되었다.

$$\text{OrderQ} = \text{Forecasted_Quantity_B} + \text{OrderQadj_B} + \text{USadj_B} \quad (5)$$

2) 할당

본 연구에서는 비례할당규칙을 사용한다. 또한 할당게임을 모형화하기 위하여 전기 구매실적이 비례할당의 기준이 되는 것으로 모형화 하였다. 현실에서의 기본 할당비율에 준하여 기본 할당대상 비율(Base_AlloQ_pct)을 공급 가능량의 60%로 반영하였다. (6) 각 구매자에 대한 할당량(AlloQ)은 기본 공급량에 대한 비례할당량(Base_AlloQ)에 과거 구매실적(PastSales)에 기준한 비례할당량(TE_AlloQ)을 더하여 계산된다. 구매자 A에 대한 수식은 다음과 같으며 구매자 B에 대한 수식과 동일하다.

$$\text{AlloQ_BA} = \text{Base_AlloQ_BA} + \text{TE_AlloQ_BA} \quad (6)$$

$$\text{Base_AlloQ_BA} = \text{Supplier_INV} * \text{Base_AlloQ_pct} \\ * (\text{OrderQ_BA} / (\text{OrderQ_BA} + \text{OrderQ_BB})) \\ \text{TE_AlloQ_BA} = \text{Supplier_INV} * (1 - \text{Base_AlloQ_pct}) \\ * (\text{PastSales_to_A} / (\text{PastSales_to_A} + \text{PastSales_to_B}))$$

할당게임 상황에서 경쟁적 소매상이 추가주문을 발생시키는 행위를 모형에 반영하기 위하여 다음과 같은 등식을 설정한다. (7) 소매상은 자신의 전기주문량(OrderedQofB)과 전기배송량(ShipmentB)을 비교하여 미충족배송비율을 구할 수 있다. 미충족배송비율은 특정량의 주문으로부터 기대할 수 있는 실제 배송량의 경험적 정보이다. 따라서 당기 주문량을 모두 배송받기 위하여 다음과 같은 의사결정을 하게 된다. 기 주문된 수량 중에서 공급부족의 발생 및 이에 따른 할당실시로 인하여 충족되지 못한 수량의 비율을 구하여 다음 기

주문량 의사결정에 반영시킨다. 이의 반영을 위하여 일단 미충족 배송량 비율(USR)을 다음과 같이 계산한다.

$$USR = 1 - (\text{ShipmentB} / \text{OrderedQofB}) \quad (7)$$

계산된 값은 미충족분량이 발생한 경우에 한하여 다음과 같은 관계식에 의하여 주문량에 반영된다. (8) 미충족배송에 대한 조정주문량(USadj_B)당기 충족비율을 차기 충족비율로 가정하여 수요예측량을 당기충족률로 나눈 값에서 수요예측량을 차감하여 구한다. 즉 당기에도 전기와 같은 수준의 미배송분이 발생할 수 있다는 가정하에서 미배송분을 방지하기 위하여 사전에 조정하는 행위를 반영하는 것이다.

$$USadj_B = (\text{Forecasted_QuantityB} / (1 - USR)) - \text{Forecasted_QuantityB} \quad (8)$$

3) 반품정책

반품정책이 이용되는 경우, 구매자의 기말재고발생에 대한 위험은 공급자에 의해 제공된 반품허용비율에 상응하여 공급자에게로 이전된다. 따라서 구매자는 주어진 반품허용비율을 무위험 재고보유량으로 인식하며 해당 수량만큼의 추가주문을 시행한다(김태현 등, 2007b). 이는 반품정책이 조정메커니즘으로서 의미를 가지기 위한 핵심적인 작용점이다(Pasternack, 1985; Tsay, 1999; Wang, 2002). (9) 반품정책 이용에 따른 주문량 공식은 다음과 같이 설정된다. 반품허용비율은 기존 연구 및 실무자 인터뷰를 바탕으로 일반적으로 사용되는 비율과 근사한 30%를 시뮬레이션 모형에 반영하였다.

$$\text{OrderQ} = (\text{Forecasted_Quantity} + \text{OrderQadj_RA} + \text{USadj}) / (1 - \text{Return_Ratio}) \quad (9)$$

(10) 반품이 시행되는 경우에는 시즌 종료와 함께 반품처리가 이루어지며, 반품량은 당기 주문량에 반품허용비율을 곱한 수량이며, 반품량과 구매자 재고량 중 작은 값이 실제 반품처리량(ReturnIn)이 된다. (11) 구매자 재고의 수식은 반품량 반영을 위하여 다음과 같이 변경된다.

$$\text{ReturnIn} = \text{MIN}(\text{OrderQ} * \text{ReturnRatio}, \text{Buyer_INV} - \text{Sales}) \quad (10)$$

$$\text{Buyer_INV} = \int (\text{Shipment} - \text{Sales} - \text{LO_out} - \text{ReturnIn}), \quad \text{to} = \text{Mean} * \text{SeasonPeriod} \quad (11)$$

4) 수익추정

반품정책의 적용에 따른 공급체인의 성과는 각 구성원 및 공급체인 전체의 수익으로 측정된다. 먼저, 구매자의 수익(Profit_B)은 매출(Sales_B)에서 비용(Cost_B)을 차감한 판매수익에 기말재고 처분에 따른 잔존가치(Salvage_B)와 반품이 존재하는 경우 발생하는 환매이익(Buyback_B)의 총합이다. 각 수익성과에 대한 수식은 다음과 같으며, 수익 및 비용에 대한 등식은 구매자 A, B에 대해서 모두 동일하다.

$$\text{Profit}_B = \int (\text{Sales}_B - \text{Cost}_B + \text{Salvage}_B + \text{Buyback}_B), \text{ to}=0 \quad (12)$$

다음으로, 공급자의 수익은 판매수익에 잔존가치를 합산하여 구한다. 여기서, 공급자의 비용(Cost_S)은 조달원가(Proc_cost_Supplier)에 수량(Supplier_SOU)을 곱한 값이며, 반품이 발생하는 경우에는 기말 환매에 따른 수익감소분(BuybackLoss_S)이 더해진다.

$$\text{Profit}_S = \int (\text{Sales}_S - \text{Cost}_S + \text{Salvage}_S), \text{ to}=0 \quad (13)$$

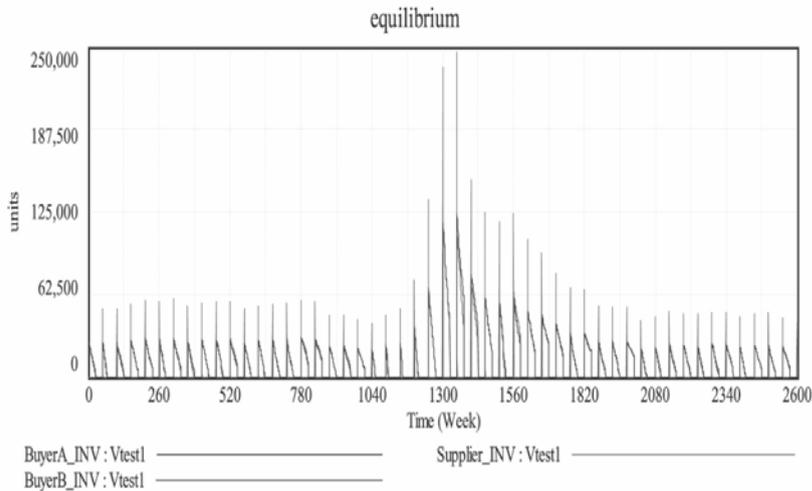
$$\text{Cost}_S = (\text{Supplier_SOU} * \text{Proc_cost_Supplier}) + \text{BuybackLoss}_S \quad (14)$$

마지막으로, 공급체인 전체의 수익은 공급자와 구매자 A, B의 수익을 모두 합산하여 구한다.

$$\text{Profit}_{SC} = \int (\text{Profit}_{BA_In} + \text{Profit}_{BB_In} + \text{Profit}_{S_In}), \text{ to}=0 \quad (15)$$

V. 시뮬레이션 결과 분석

Sterman(2000)에 의하면 저장(stock)변수를 중심으로 유입(inflow)과 유출(outflow)이 균형된 상태를 유지하면 모형이 타당하다고 볼 수 있다. 본 연구의 공급체인 모형에서는 공급자 및 구매자의 재고가 주요 저장변수로서 수요 및 배송이 유입되며 선적 및 판매가 유출이 된다. 따라서 최초 유입변수인 수요를 변화시키면서 유입·유출변수들의 변화 및 저장변수의 균형이 유지되는지를 검증하였다. 균형상태 확인을 위하여 정규분포를 따르는 고객의 수요함수 평균값을 시뮬레이션 기간 중간에 3배로 일시 증가시켰다. 수요평균은 주당 1,000단위이며, 1041주에서 1560주 동안에 평균의 3배인 주당 3,000단위를 발생시켰다. 검증 결과, 공급자 및 구매자 재고의 모습은 다음의 [그림 4]와 같이 흐름균형 상태를 보이고 있다. 이러한 모형타당성 검증 결과를 토대로 주어진 시나리오들에 대한 시뮬레이션이 실시되었다.



[그림 4] 균형상태 확인 : 공급자 및 구매자 재고수준

시뮬레이션은 안정화기간(Warmup-period) 156주를 포함하여 총 2,756주(53시즌)에 대하여 시행하였으며, 2,600주에 대한 결과가 분석에 이용되었다. [표 1]과 같은 연구설정에 기준하여 각 시나리오별로 100회씩 총 400회의 시뮬레이션을 수행하였다.

할당 발생유무에 따른 기본모형과 반품정책 모형의 성과 평균은 다음의 [표 3]에 제시하

었다. 각 연구 설정 별 성과평균 값의 차이에 대한 t-검정 결과, 모든 값들 간의 차이가 유의수준 0.005에서 유의한 것으로 확인되었다.

[표 3] 반품정책 이용에 따른 성과 평균 요약

할당 유무	모형 구분	연구 설정	재무 성과			비재무 성과	
			공급자 수익	구매자 수익	공급체인 수익	재고수준	총족률
			평균 (표준편차)	평균 (표준편차)	평균 (표준편차)	평균 (표준편차)	평균 (표준편차)
미발생	기본	2	2,694,520	502,491	3,699,503	15,313	0.853
			193,072	94,333	341,600	1,075	0.012
	반품	4	3,360,997	207,030	3,775,057	31,119	0.964
			241,364	78,814	337,208	2,208	0.011
발생	기본	1	2,575,253	534,224	3,643,703	14,210	0.840
			188,309	92,148	339,614	1,017	0.014
	반품	3	3,613,117	189,356	3,991,831	27,275	0.954
			285,285	74,025	367,407	1,789	0.012

1. 재무 성과에 대한 결과

1) 공급자 수익

할당유무에 관계없이 반품정책 이용에 따른 공급자 수익이 기본모형의 결과보다 높게 나타났다. 할당 미발생시에는 약 24.7%, 할당 발생시는 약 40.3%가 증가되었다. 이는 반품 크레딧(Return Credit)이라는 인센티브 제공에 따른 구매자의 주문량 증가에 힘입은 것으로서 공급자 매출증가의 결과로 분석할 수 있다. 할당 발생시에는 반품정책 이용에 따른 수익향상이 더욱 큰 폭으로 발생됨을 관찰할 수 있다.

2) 구매자 수익

구매자 수익은 할당 미발생시에는 58%, 발생시에는 64%정도 감소하였다. 이러한 결과는 기말재고에 대한 위험의 일부를 공급자에게 이전함으로써 주문량이 증가함에 따른 결과이다. 즉, 수익의 감소는 과도한 재고보유에 따른 재고유지비용 증가 및 기말재고에 대한 처분손실의 영향으로 해석된다.

3) 공급체인 수익

공급체인의 수익은 할당 미발생시에는 2%, 할당 발생시에는 9.5%가 증가하였다. 이는 반품정책이유에 따른 주문량 추가에 더하여 할당으로 인한 미충족배송이 발생하기 때문에 구매자는 미충족분의 회피를 위하여 예측량보다 많은 양의 발주를 행하고 결국 공급자의 매출을 증가시킴에 따른 결과로 해석된다. 즉 반품정책의 이용에 따른 공급자의 수익증분이 구매자의 수익감소분을 초과하기 때문으로 해석가능하다.

2. 비재무 성과

반품정책의 이용은 구매자의 평균재고수준을 증가시켜 재고성과에 부(-)적 영향을 미치며, 고객 충족률은 증가시키는 것으로 나타났다. 반품정책이 이용되는 경우, 평균 재고수준은 할당유무에 관계없이 약 2배 정도 증가하는 것으로 나타났다. 충족률의 증가는 재고수준 증가에 종속적인 결과로서 할당에 관계없이 약 13%정도의 증가를 나타냈다. 그러나 위에서 구매자 수익이 감소한 비율을 감안하면 충족률의 증가가 비용측면에서 바람직한 결과로만 볼 수는 없으며 충족률증가에 따른 고객만족도 향상 등의 무형적인 이점과 비용과의 상쇄관계에 대한 고려가 반드시 필요할 것이다.

시뮬레이션 결과를 종합하면, 반품정책의 이용은 공급체인 수익 및 고객 충족률을 향상시키는 것으로 나타났으며, 이러한 결과는 공급능력제약에 따른 할당의 발생 상황에서도 유지되는 것으로 관찰되었다. 따라서 분권화된 공급체인에서의 반품정책의 이용은 공급체인성과 향상에 효과적인 전략대안으로 이용가능하다고 판단된다.

VI. 결론 및 향후 연구방향

초점기업에 의한 공급체인의 통합적 관리에 대한 현실적인 제약 및 거래기반적 관계와 같은 구성원간의 관계특성으로 인하여 분권화된 공급체인에는 별도의 조정메커니즘을 통한 관리가 필요하다. 반품정책은 분권화된 공급체인에 이용가능한 대표적인 조정메커니즘으로서 공급체인 구성원 간 갈등 및 목표상충의 주원인인 위험의 합리적인 공유 기재로 이용가능하다(Tsay, 1999; Cachon, 2003). 반품정책에 관한 기존의 연구들은 단일공급자-단일구매자 상황에서 단일기간에 대한 수리적 모형 연구들이 대부분이며, 이러한 연구들은 현실의 복잡성에 대한 고려가 불충분하다는 제한점을 가지고 있으며, Agrawal and Seshadri(2000)와 Cachon(2003)은 기존 연구들에 대한 검토를 통하여 현실을 좀 더 잘 반영

할 수 있는 연구로서 수급불확실성이 고려되고 구조면에서도 다양한 네트워크 구조에 대한 연구필요성을 제기하고 있다. 본 연구는 이러한 필요성에 대한 인식을 토대로 복수구매자 및 공급능력제약이 고려된 시뮬레이션 모형의 개발 및 주어진 상황 하에서 반품정책의 효과성에 대한 분석을 수행하였다.

연구의 결론 및 주요 시사점은 다음과 같이 정리될 수 있다. 단일공급자와 복수구매자로 이루어진 분권화된 공급체인에서 반품정책의 이용은 공급체인의 성과를 향상시키는 것으로 나타났다. 반품인센티브의 제공은 주문량 증가를 유인하여 공급자의 수익을 증가시킴으로서 공급체인의 성과를 향상시키며 구매자는 높은 수준의 재고를 유지함에 따라 재고유지비용이 상승하고 처분손실이 증가하는 모습을 보였다. 구매자의 입장에서 볼 때, 비록 재무적 성과측면에서는 손실이 발생하지만 비재무적 성과측면에서는 반품정책이 양(+)의 효과를 미치는 것으로 판단된다. 특히, 공급불확실성에 기인한 할당이 발생하는 경우에 복수구매자간에는 할당게임이 발생하는데 결과적으로 할당게임은 구매자로 하여금 더 높은 수준의 주문을 유도하여 공급자의 수익을 증가시켰으며, 할당유무에 관계없이 공급체인관점의 수익이 증가하는 모습을 나타냈다. 그러나 반품정책 이용시에 구매자의 평균재고수준이 증가하기 때문에 재고유지비용이 높은 제품 혹은 운영 효율성의 추가가 중요한 기능적 제품보다는 수요대응이 더욱 중요한 혁신적 제품에 더욱 적합할 것으로 사료된다. 또한 반품정책을 이용하는 경우에 구매자의 이익은 감소하기 때문에 구매자의 손실을 보전하고 공급체인관점에서의 성과향상을 현실적으로 실현시키기 위해서는 공급자의 이익 증분을 구매자와 합리적으로 배분하는 절차가 반드시 이루어져야 할 것이다.

상기와 같은 연구결과는 반품정책의 효과성에 관한 기존 연구들(Pasternack, 1985; Tsay, 1999; Cachon, 2003)과 기본적으로 동일한 결과를 보이는 것으로 판단할 수 있다. 단, 본 연구는 기존 연구들보다 더 현실적인 가정으로서 공급능력의 제약 및 복수구매자의 존재에 따른 할당게임 상황하에서도 반품정책이 분권화된 공급체인의 성과를 향상시키는데 유효한 대안으로 역할을 할 수 있다는 점을 시사하였다는 면에서 기존 연구들과의 차별성을 가진다.

본 연구의 주요 한계점 및 향후 연구방향은 다음과 같다. 첫째, 시뮬레이션 모델링을 위한 파라미터 값을 문헌검토 및 실무자와의 인터뷰를 통하여 가정하였으며, 실제 자료를 이용하여 시뮬레이션 모형의 타당성을 검증하지 못하였다는 중요한 한계점을 가진다. 따라서 향후 연구에서는 반품정책 이용에 관한 기업 적용사례 조사 및 자료수집을 통하여 모형의 강건성을 향상시킬 필요가 있다. 둘째, 본 연구는 복수구매자 상황만을 대상으로 하고 있는 반면 현실세계의 공급체인은 일대일의 구조에서 다수간의 연결구조에 이르기까지 다양한 네트워크 형태가 복합적인 모양으로 구성되어 있다. 네트워크 구조는 공급체인의 관계특성

및 불확실성에 직간접적인 영향을 주는 중요한 요인으로서 분권화된 공급체인에서의 조정 메커니즘의 효과성에 대한 깊은 이해를 위해서는 더욱 다양한 네트워크 구조를 대상으로 한 연구가 필요하다. 셋째, 현실의 상황에서는 재고비용, 잔존가치 및 관리비용들이 제품 및 시장에 따라 다양하게 형성되며 또 주기적으로 변화하는 특징을 가진다. 이러한 비용요소들의 변화는 반품정책을 포함한 공급체인계약을 기반으로 하는 공급체인의 성과에 중요한 영향을 미칠 수 있다. 따라서 향후 연구에서는 이와 같은 비용요소들의 변화가 공급체인의 성과에 미치는 영향을 보다 자세하게 분석하여야 할 것이다.

【참고문헌】

- 김태현 · 문성암 · 김영대 · 박정훈. (2007a). 백업계약에 대한 동적모형연구. 『한국생산관리학회지』, 18권 1호: 47-74.
- 김태현 · 박정훈 · 최동현 · 김인후. (2007b). 공급체인에서의 반품계약에 대한 시스템다이내믹스 접근, 『한국시스템다이내믹스 연구』, 8권 1호: 173-186.
- Barnes, E., Dai, J., Deng, S., Down, D., Goh, M., Lau, H. C., and Sharafali, M., (2000), Electronics Manufacturing Service Industry. The Logistics Institute, Asia Pacific, Georgia Tech and The National University of Singapore, Singapore.
- Beamon, B.M. (1998), "Supply chain design and analysis: models and methods", International Journal of Production Economics, Vol. 55 pp.281-294.
- Cachon, G. (2003), "Supply Chain Coordination with Contracts", in Graves, S.C., A. G. De Kok and A. G. De Kok (Eds), Handbooks in Operations Research and Management Science: Supply Chain Management: Design, Coordination and Operation, Elsevier Publishing Company, New York, NY, pp.229-340.
- Cachon, G. (2004), "Push, Pull, and Advance-Purchase Discount Contracts", Management Science, Vol.50, pp.222-238.
- Cachon, G. and M.A. Lariviere (2000), "Supply Chain Coordination with Revenue Sharing Contracts: Strength and Limitations." Working Paper, The Wharton School of Business, University of Pennsylvania, Philadelphia.
- Chan, F.T.S. and H.K. Chan, (2006), "A Simulation Study with Quantity Flexibility in a Supply Chain subjected to Uncertainties", International Journal of Computer Integrated Manufacturing, Vol.19, pp.148-160.
- Forrester, J.W. (1961), Industrial Dynamics, MIT Press, Cambridge, MA.
- Giannoccaro, I. and Pontrandolfo, P. (2003), "The Organizational Perspective in Supply Chain Management: An Empirical Analysis in Southern Italy." International Journal of Logistics: Research and Applications, Vol. 6, No.3.
- Harland, C.M., (1996), Supply chain management: Relationships, chains, networks. British Journal of Management 7, pp.63-80.
- Huang G.Q., Lau S.K. and Mak K.L. (2003), "The impacts of sharing production information

- on supply chain dynamics: a review of the literature”, *International Journal of Production Research*, Vol.41 No.7, pp.1483-1517.
- Kandel, E. (1996), “The Right to Return”, *Journal of Law and Economics*, Vol.39, pp.329-356.
- Lambert, D.M, J.R. Stock, L.M. Elram (1998), *Fundamentals of Logistics Management*, Irwin/McGraw-Hill, Boston, MA.
- Lee, Hau L., and S. Whang (1999), “Decentralized multi-echelon supply chain: incentives and information.” *Management Science*, 45(5), pp.633-640.
- LIU Bin, CHEN Jian, LIU Sifeng, Rong Zhang, (2006), “Supply-Chain Coordination With Combined Contract for a Short-Life-Cycle Product”, *IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS-PART A:SYSTEMS AND HUMANS*, Vol.36 No.1, pp.53-61.
- Pasternack, B.A., (1985), “Optimal Pricing and Returns Policies for Perishable Commodities”, *Marketing Science*, Vol.4, pp.166-176.
- Riddalls, C., S. Bennett, N. Tipi, (2000), “Modelling The Dynamics Of Supply Chains”, *International Journal of System Science*, Vol. 31 No.8, pp.969-976.
- Sterman, J.D. (2000), *Business Dynamics: system thinking and modeling for a complex world*, McGraw-Hill.
- Tsay, A.A., (1999), “The Quantity Flexibility Contract and Supplier-customer Incentives.” *Management Science* 45 (10), pp.1339-1358.
- Tsay, A.A., S. Nahmias and N. Agrawal (1999), “Modeling Supply Chain Contracts: A Review”, in Tayur, S., Ganeshan, R. and Magazine, M. (eds), *Quantitative Models for Supply Chain Management*, Kluwer Academic Publishers, Boston, MA, pp.299-336.
- Wang, C.X. (2002) “A General Framework of Supply Chain Contract Models.” *Supply Chain Management*, Vol.7 No.5, pp.302-310.
- Wang, C.X. and S. Webster (2007), “Channel Coordination for a Supply Chain with a Risk-Neutral Manufacturer and a Loss-Averse Retailer”, *Decision Sciences*, Vol.38, No.3, pp.361-389.